RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR

L'EXHALATION PULMONAIRE,

PAR MM. G. BRESCHET ET H. MILNE EDWARDS.



La surface pulmonaire, comme chacun le sait, est non-seulement la partie du corps où l'absorption est la plus active, mais aussi celle par laquelle les principes gazeux ou volatils qui circulent avec le sang s'échappent au dehors avec le plus de facilité. En effet, l'haleine des personnes qui boivent des quantités considérables de liqueurs spiritueuses, prend bientôt une odeur alcoolique des plus marquées. Un grand nombre de médicamens, tels que l'éther, l'assa fœtida, etc., après avoir été portés dans le torrent de la circulation, s'exhalent par la même voie. Des expériences très curieuses de Nysten prouvent que les gaz injectés dans les veines en quantités assez petites pour ne pas déterminer la mort viennent se mêler à l'air expiré [1]. Enfin, M. Magendie a constaté que l'eau, l'alcool, le camphre et le phosphore sont expulsés de l'économie animale de la même manière, c'est-à-dire par l'exhalation pulmonaire [2].

La grande abondance des vaisseaux sanguins qui viennent se ramifier dans les parois des cellules aériennes des poumons est évidemment une des conditions d'où dépend cette exhalation active, mais elle ne suffit pas pour nous en donner l'explication. Tous les tissus de l'économie animale sont plus ou moins perméables aux liquides, et paraissent jouir de cette propriété à un degré d'autant plus grand qu'ils sont plus vasculaires ; on pourrait donc conclure à *priori* que la surface pulmonaire doit être une des parties du corps qui livrent passage au liquide avec le plus de facilité. Mais la connaissance de ce fait ne nous apprenait pas la raison pour laquelle l'exhalation ou passage des fluides du dedans au dehors est si rapide dans cet organe,

(1) Recherches de physiologie et de chimie pathologique. Paris 1811, in-8°, pag. 145.

(2) Mémoire sur la transpiration pulmonaire, bulletin de la société philomatique, 1811.

qui est en même temps le siége d'un mouvement inverse ou d'absorption non moins active. L'explication de ce phénomène remarquable restait donc encore à découvrir.

Les expériences récentes d'un physiologiste anglais, le docteur Barry, en nous éclairant sur le mécanisme de l'absorption, nous paraissent de nature à jeter quelque jour sur la question qui nous occupe. En effet, ce savant a constaté qu'en soustrayant à la pression atmosphérique, à l'aide de la ventouse, une portion du corps, on empêche l'absorption d'y avoir lieu comme à l'ordinaire. Il est donc évident que cette pression agissant de dehors en dedans est une des causes qui influent le plus sur le passage des liquides par imbibition de la surface d'application dans l'intérieur des vaisseaux; et, puisque l'absorption ne paraît différer de la simple exhalation que par la direction suivant laquelle le transport s'opère, il nous semblait assez probable qu'une pression agissant en sens contraire, c'est-à-dire de dedans en dehors, devait exercer sur ce phénomène une influence non moins remarquable. Or, le même mécanisme qui occasionne l'entrée de l'air dans les cellules pulmonaires détermine à chaque instant le développement d'une force de ce genre. En effet, lorsque la cavité thoracique est dans l'état de repos, l'air qui s'y trouve contrebalance par son élasticité la pression exercée de dehors en dedans par tout le poids de l'atmosphère; mais lorsque cette cavité se dilate, l'équilibre est rompu, et la force aspirante qui y fait pénétrer une nouvelle quantité d'air doit agir avec une égale énergie sur tous les points de ses parois. Pendant l'inspiration chaque cellule joue le rôle d'une pompe aspirante, et exerce une succion égale sur l'air extérieur avec lequel elle communique à travers la trachée-artère, et sur les fluides contenus dans les autres vaisseaux en communication avec ses parois. Serait-ce de l'action de cette cause toute mécanique que dépendraient les phénomènes dont nous avons parlé plus haut, et qui ont fait regarder les poumons comme un émonctoire destiné à rejeter au dehors les substances volatiles qui se trouvent dans le sang et qui pourraient être nuisibles à l'économie animale? C'est ce que nous avons cherché à déterminer à l'aide des expériences suivantes.

Après avoir divisé quelques anneaux de la trachée-artère sur un chien de moyenne taille et avoir introduit dans ce conduit un tuyau qui pouvait s'adapter exactement au bout d'un grand soufflet, nous ouvrîmes largement le thorax et nous pratiquâmes la respiration artificielle. Nous fîmes entrer l'air dans les poumons à l'aide du soufflet et ensuite nous retirâmes cet instrument afin que l'organe respiratoire, en revenant sur lui-même par l'effet de son élasticité naturelle, pût chasser l'air ainsi introduit. Par ce moyen, il nous était facile d'entretenir la respiration, sans diminuer ni pendant l'entrée ni pendant la sortie de l'air la pression que supporte la surface interne des cellules pulmonaires. La circulation se continuait très bien, et l'animal ne paraissait pas beaucoup souffrir. Nous injectâmes alors dans la cavité péritonéale

environ six gros d'alcool saturé de camphre ; un quart-d'heure après, l'air expiré ne donnait encore aucun signe de l'exhalation de l'une ou l'autre de ces substances par la surface pulmonaire. Nous dénudâmes alors les muscles larges de l'abdomen en ayant soin d'enlever les couches aponévrotiques qui les recouvrent et nous y appliquâmes une ventouse à pompe. Pendant quelque temps il n'en résulta aucun effet sensible ; mais après avoir fait le vide dans l'instrument à plusieurs reprises, l'odeur du camphre y devint manifeste, de même que sur la surface à laquelle nous l'avions appliqué. Cependant l'air expiré ne décélait nullement la présence de cette substance volatile. Pendant plus de trois quarts-d'heure nous avons continué à pratiquer la respiration de la manière mentionnée plus haut, mais aucun signe n'a indiqué l'exhalation du camphre ou de l'alcool par la surface pulmonaire. Ces substances devaient néanmoins avoir été portées dans le torrent de la circulation, car en appliquant alors une certaine quantité d'extrait de noix vomique sur le tissu cellulaire sous-cutané de l'abdomen, l'animal éprouva au bout de trois minutes les mouvemens tétaniques qui caractérisent l'action de cette substance vénéneuse.

Dans une expérience comparative faite sur un chien de même taille, nous avons injecté par un procédé semblable la même quantité d'alcool camphré dans la cavité péritonéale de l'animal, mais sans interrompre l'action aspirante qui accompagne chaque dilatation de la cavité thoracique; trois minutes et demie après l'introduction du liquide dans l'abdomen, l'odeur de l'alcool commença à se faire sentir dans l'air que l'animal chassait de ses poumons, et au bout de six minutes celle du camphre est devenue également sensible. L'intensité de l'odeur communiquée à l'haleine du chien par l'exhalation de ces substances volatiles augmenta bientôt d'une manière très marquée et persista pendant une heure, temps que dura l'expérience. Ces résultats étaient si concluans que nous ne conservions plus aucun doute sur la vérité de l'hypothèse que l'analogie nous avait suggérée pour l'explication de la grande activité de l'exhalation pulmonaire. Mais afin d'établir ce principe d'une manière incontestable nous résolûmes de répéter ces expériences et de les varier de différentes manières.

Dans cette vue nous avons injecté une petite quantité d'huile essentielle de térébenthine dans la veine crurale d'un chien. A peine avions-nous fini cette opération, que l'haleine de l'animal était déjà fortement imprégnée de l'odeur de cette substance qui continua à s'exhaler rapidement par la surface pulmonaire pendant le peu de minutes que vécut l'animal. En ouvrant la cavité de la plèvre on y reconnut de suite la présence de l'essence de térébenthine ; mais il ne se manifesta aucun signe d'une exhalation semblable à la surface du péritoine.

Chez un autre animal de la même espèce on commença l'expérience par l'ouverture de la trachée-artère et l'introduction d'un tube métallique ; on ouvrit ensuite

le thorax de manière à déterminer l'affaissement des poumons, et on pratiqua la respiration artificielle en prenant toutes les précautions nécessaires pour ne pas déterminer d'aspiration pendant la sortie de l'air, et on injecta de l'huile essentielle de térébenthine dans la veine crurale de l'animal comme dans l'expéricnce précédente. Bientôt après l'odeur de cette substance commença à devenir sensible dans l'air expiré, mais en ouvrant la cavité péritonéale elle s'y manifesta avec la même intensité; enfin, en incisant les muscles de la cuisse nous les trouvâmes également imprégnés de l'odeur de térébenthine.

Nous voyons donc que dans cette expérience l'huile essentielle de térébenthine injectée dans les veines s'est répandue également dans toutes les parties de l'économie; la membrane muqueuse qui tapisse les poumons, de même que la membrane séreuse qui revêt les intestins en ont été imbibées, et son exhalation n'a pas été sensiblement plus rapide dans le premier de ces organes que dans le second. Ce résultat est analogue à celui que l'on obtient en poussant de l'essence de térébenthine dans le système vasculaire d'un animal privé de vie. Dans l'expérience précédente, au contraire, cette substance n'a manifesté sa présence que dans l'air expiré; au lieu de s'exhaler sur toutes les surfaces où la circulation est active, elle paraissait attirée dans l'intérieur des cellules pulmonaires, et s'échapper tout entière par cette voie. Dans ce même cas nous n'avions pas suspendu l'influence de la force de succion développée par les mouvemens inspiratoires, et qui nous a fait comparer les cellules dont nous venons de parler à autant de pompes aspirantes; dans l'autre expérience, au contraire, nous avions détruit la seule cause qui paraît devoir attirer les fluides dans cette partie du corps plutôt que dans une autre.

Si l'on injecte dans les veines d'un animal de l'huile grasse tenant en dissolution du phosphore, l'on voit bientot des fumées blanches sortir de ses naseaux et décéler la présence de cette substance combustible dans l'air expiré. Curieux de savoir si l'on pourrait empêcher ce phénoméne d'avoir lieu en détruisant l'espèce de pompe aspirante que représente le poumon pendant la dilatation du thorax, nous ouvrîmes largement la poitrine d'un chien et nous pratiquâmes la respiration artificielle de la manière indiquée ci-dessus; ensuite nous injectâmes dans la veine crurale de l'animal une petite quantité de phosphore dissous dans de l'huile d'olives. Contre notre attente il se manifesta des fumées blanches dans l'air expiré, et en appliquant une ventouse sur la surface extérieure de l'estomac, nous ne pûmes déterminer dans cette partie aucune exhalation sensible de phosphore. Ce résultat nous étonna d'abord, mais en réfléchissant nous en trouvâmes facilement la cause. En effet M. Magendie a constaté que les liquides visqueux, tels que les huiles grasses, injectés dans les veines d'un animal vivant, ne peuvent traverser les dernières ramifications de l'artère pulmonaire et n'arrivent point jusque dans les cavités gauches du cœur. Il est donc évi-

dent que dans ce cas l'huile phosphorée ainsi arrêtée dans les vaisseaux capillaires des cellules pulmonaires devait recevoir à chaque contraction du ventricule droit une impulsion qui tendait à augmenter l'engorgement et à faire suinter le liquide à travers la substance des parties qui s'opposaient à son passage. Cette expérience au lieu d'être en contradiction avec le résultat que nous avions obtenu précédemment, comme on pourrait le penser au premier abord, tend donc au contraire à montrer dans tout son jour l'influence de la pression sur les phénomènes de l'exhalation.

En répétant l'une des expériences dont nous avons rapporté les détails plus haut et qui consiste à injecter de l'alcool camphré dans l'abdomen d'un chien après avoir ouvert largement la poitrine afin d'arrêter tout mouvement d'aspiration dans les poumons, nous pratiquâmes la respiration artificielle pendant cinquante-cinq minutes, sans que l'air expiré présentât le moindre indice de l'exhalation du camphre ou de l'alcool par la surface de cet organe. Trente minutes après le commencement de l'expérience nous appliquâmes une petite ventouse sur la face interne de la cuisse dont on avait enlevé les tégumens; il ne s'y manifesta aucune odeur de camphre, mais en appliquant à plusieurs reprises cet instrument sur les muscles de l'abdomen préparés comme dans la première expérience, l'odeur de cette substance s'y fit sentir d'une manière très marquée. Enfin ce ne fut qu'au bout de plus d'une heure que l'un de nous crut apercevoir une légère odeur de camphre dans l'air expiré; mais elle n'augmenta pas sensiblement pendant tout le temps que dura l'expérience.

Nous voyons donc qu'en empêchant la cavité thoracique de se dilater et de se resserrer alternativement et d'exercer ainsi un mouvement d'aspiration chaque fois que l'animal veut introduire de l'air dans ses poumons, on empêche aussi l'exhalation d'avoir lieu dans cet organe plutôt que dans toute autre partie de l'économie. Lorsque les substances portées directement ou indirectement dans le torrent de la circulation ne traversent pas les tissus avec une grande facilité, elles ne viennent pas se mêler à l'air expiré du moment où l'on arrête l'action qui nous a fait comparer la cavité thoracique à une pompe aspirante. Dans les animaux dont les cellules pulmonaires éprouvent à chaque inspiration une diminution notable de la pression exercée sur leur surface interne, tandis que l'atmosphère les presse toujours également de dehors en dedans, ces mêmes substances viennent au contraire s'exhaler à la surface pulmonaire avec une rapidité très grande. Lorsque les substances ainsi introduites dans les veines passent facilement à travers tous les tissus, comme cela a lieu pour l'huile essentielle de térébenthine, elles s'épanchent dans l'intérieur des cellules pulmonaires dans l'un comme dans l'autre cas; mais l'action aspirante de la pompe thoracique, si nous pouvons nous exprimer ainsi, rend cette exhalation si rapide que le liquide ne passe point par imbibition dans les autres cavités du corps, où une force analogue ne la sollicite pas. En arrêtant cette action nous voyons au contraire

ces substances, éminemment diffusibles, obéir seulement aux lois de l'imbibition, et se répandre à peu près également dans toutes les parties de l'économie.

Il nous paraît donc démontré que si les gaz et les substances volatiles portées dans le torrent de la circulation viennent s'exhaler à la surface pulmonaire plutôt que dans les autres parties du corps également pourvues d'un grand nombre de vaisseaux, cela dépend principalement de l'espèce de succion qui accompagne chaque mouvement d'inspiration. Cette action toute mécanique, dont les effets sont si marqués sur les produits en quelque sorte accidentels de l'exhalation pulmonaire, influe-t-elle aussi sur les autres phénomènes de la respiration? C'est ce que nous nous proposons d'examiner incessamment.